

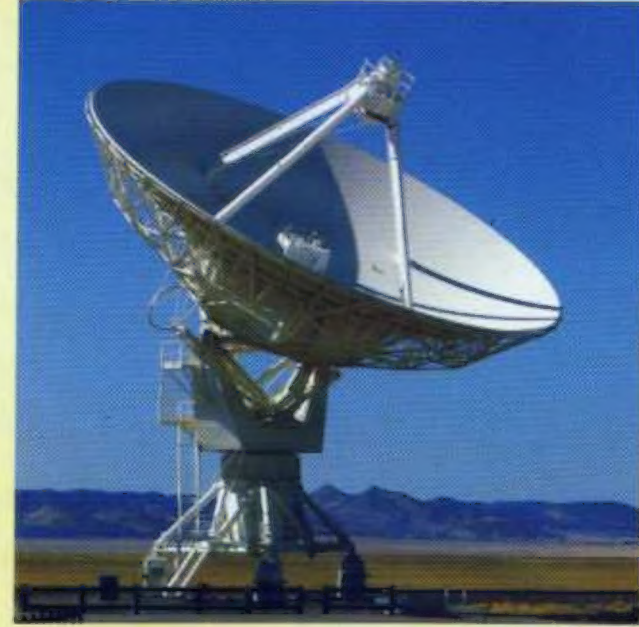


मनोविकास प्रकाशन

आयझॅक न्यूटनने प्रकाशकिरण काचेच्या लोलकातून बाहेर पडताना पाहिला तेव्हा प्रकाशात सर्व रंग एकवटलेले असतात असे त्याने सर्वप्रथम सांगितले. त्यानंतर प्रकाश हा लहरींचा बनलेला असतो आणि त्या लहरीच्या लांबीवरून त्याचा रंग ठरतो असा शास्त्रज्ञांना शोध लागला. लाल आणि जांभळा या वर्णपटाच्या मर्यादा नसून लाल रंगापलीकडे साध्या डोळ्यांना न दिसणाऱ्या आणखी जास्त लांबीच्या प्रकाशलहरी असतात व त्यांची उष्णता आपल्याला भासते, तसेच जांभळ्या रंगाच्या पलीकडे आणखीही कमी लांबीच्या लहरी असतात. या लहरी कशाने उत्पन्न होतात? त्या कशा मोजता येतील? त्यांचा काय उपयोग होईल? या लहरींचा वापर करून आपण खोल समुद्राच्या तळाशी किंवा ढगांच्या पलीकडे 'पाहू' शकतो, असे शास्त्रज्ञांनी आपल्या प्रयोगशाळेत दाखवून दिले. आपण आता त्यांच्या साहाय्याने स्वयंपाक करू शकतो, संदेश पाठवू शकतो, एवढेच नव्हे, तर या अदृश्य लहरींचा अभ्यास करून विश्वाची उत्पत्ती कशी झाली असावी, हे देखील जाणून घेऊ शकतो.



शो धां च्या क था मायक्रोलहरी आयझॅक आसिमॉव्ह



अनुवाद-सुजाता गोडबोले

शोधोंच्या कथा

मायक्रोलहरी

आयझॅक आसिमॉव्ह
अनुवाद : सुजाता गोडबोले



मनोविकास प्रकाशन

Shodhancho Katha - Microlahari
शोधचंथ्या कथा - मायक्रोलहरी

प्रकाशक । अरविंद घनःश्याम पाटकर
मनोविकास प्रकाशन, सदनिका क्र. ३/अ, चौथा मजला, शक्ती टॉवर्स,
६७२, नारायण पेठ, नू. म. बि. समोरील गल्ली, पुणे - ४११०३०.
दूरध्वनी : ०२०-६५२६२९५०
Website : www.manovikasprakashan.com
Email : manovikaspublishing@gmail.com

© हक्क सुरक्षित

मुद्रण । गिरीश सहस्रबुद्धे अक्षरजुळणी । गणराज उद्योग, पुणे.
मुद्रक । बालाजी एन्टर्प्रायजेस, पुणे. प्रथमावृत्ती । ११ जून २०१२
ISBN : 978-93-81636-84-8

मूल्य । रुपये ३५

अनुक्रमणिका

- १ | रंग व लहरी-४
- २ | वर्णपटाची लांबी-१२
- ३ | रेडिओलहरी व
मायक्रोलहरी-२३
- ४ | ग्रह व मायक्रोलहरी-३३
- ५ | विश्व व
मायक्रोलहरी-४०

१ | रंग व लहरी

१६६५ साली तेवीस वर्षांचा एक इंग्रज शास्त्रज्ञ, आयझॅक न्यूटन (१६४२-१७२७) प्रकाशाशी खेळत होता.

भरपूर सूर्यप्रकाश असलेल्या एक दिवशी त्याने आपल्या खोलीतील सर्व पडदे बंद करून खोलीत बऱ्यापैकी अंधार केला. एका पडद्याला एक छोटेसे भोक पाडल्यावर सूर्यप्रकाशाचा एक अरुंद किरण खोलीत आला.

हा सूर्यकिरण न्यूटनने एका त्रिकोनी काचेच्या तुकड्यातून म्हणजे लोलकातून जाऊ दिला. लोलकातून जात असताना हा किरण काही प्रमाणात वळला म्हणजे त्याचे 'विकिरीकरण' (रिफ्रॅक्शन) झाले.

लोलकातून बाहेर येणाऱ्या प्रकाशाची दिशा काहीशी बदलली व ती भिंतीवर दिसून आली. या प्रकाशकिरणाच्या वाटेत जर लोलक नसता, तर भिंतीवर केवळ एक पांढऱ्या प्रकाशाचा गोल ठिपका दिसता असता; पण लोलक प्रकाशकिरणाच्या वाटेत असल्याने प्रकाश विखुरला जाऊन इंद्रधनुष्य दिसू लागले होते. याच्या एका टोकाला होता तांबडा रंग. प्रकाशाच्या या पट्ट्यावरून नजर फिरवली असता, हळूहळू तो नारिंगी, पिवळा, मग हिरवा, निळा आणि सर्वात शेवटी दुसऱ्या टोकाला तो जांभळा दिसत होता.

आपल्या सभोवती आपल्याला सर्वत्र नेहमीच रंग दिसतात, परंतु बहुतेक वेळा ते एखाद्या घन पदार्थाचा भाग असतात. त्यांना स्पर्श करता येतो; पण न्यूटनला भिंतीवर हे जे रंग मिळाले होते त्यांना स्पर्श करता येत नव्हता. ते केवळ प्रकाशातच होते, कोणत्याही घन पदार्थाचा ते भाग नव्हते. या रंगीत प्रकाशातून हात सहज

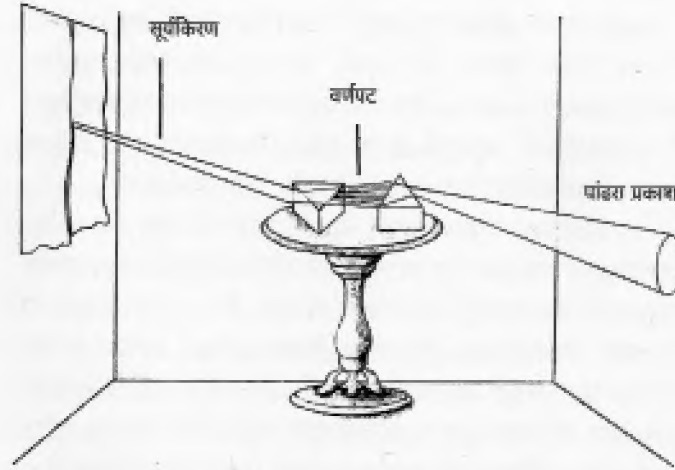
फिरवता येत असे, जणू काही हा प्रकाश म्हणजे भूतच होते! वास्तवात न्यूटनने या प्रकाशाच्या पट्ट्याला 'स्पेक्ट्रम' असेच नाव दिले, या लॅटिन शब्दाचा अर्थ आहे भूत. मराठीत आपण त्याला 'वर्णपट' म्हणतो.

हे रंग आले कुठून? आपल्या डोळ्यांना जो शुभ्र रंगाचा प्रकाश दिसतो, तो प्रत्यक्षात या रंगांचे मिश्रण असणार असे न्यूटनचे मत होते. हा शुभ्र प्रकाश जेव्हा लोलकातून जातो, तेव्हा निरनिराळ्या रंगांचे निरनिराळ्या प्रमाणात विकिरीकरण होते. लाल रंग सर्वात कमी प्रमाणात वळतो, म्हणजेच त्याचे सर्वात कमी प्रमाणात विकिरीकरण होते आणि जांभळा रंग सर्वात अधिक वळतो/वाकतो व इतर सर्व रंगांचे वळण्याचे प्रमाण या दोन्हीच्या मध्ये कोठेतरी येते. त्यामुळे हे रंग एका ठिपक्याच्या स्वरूपात न दिसता, वेगळे होतात व एका पट्ट्यात विखुरले जातात.

हे पडताळून पाहण्यासाठी न्यूटनने प्रकाशकिरण प्रथम एका लोलकातून जाऊ दिला व त्यानंतर तो भिंतीपर्यंत पोहोचण्यापूर्वीच त्याच्या वाटेत आणखी एक लोलक ठेवला. मात्र, या वेळी दुसऱ्या लोलकाचा त्रिकोणी भाग पहिल्याच्या नेमक्या विरुद्ध बाजूला ठेवला. पहिल्या लोलकातून जाताना प्रकाशाचे एका प्रकारे विकिरीकरण झाले, पण त्यानंतर दुसऱ्या लोलकातून जाताना ते नेमक्या उलट बाजूने झाले. पहिल्या लोलकातून जाताना प्रकाशकिरण विखुरले व दुसऱ्या लोलकातून जाताना ते परत एकत्र आले.

प्रकाशकिरण जेव्हा दोन्ही लोलकांतून गेला तेव्हा भिंतीवर फक्त शुभ्र प्रकाशाचा एक ठिपकाच दिसला. न्यूटनच्या दृष्टीने, रंग एकमेकांत मिसळले की शुभ्र दिसतात, याचाच हा पुरावा होता.

परंतु मुळात प्रकाशात निरनिराळे रंग असण्याचे कारण काय असावे? आणि लोलकातून जाताना ते निरनिराळ्या प्रमाणात का वळत असावेत?



न्यूटनच्या लोलकाचा प्रयोग

या प्रश्नाचे उत्तर शोधण्याआधी, प्रकाश कशापासून बनला आहे हे समजून घेतले तर जास्त सोपे होईल, परंतु न्यूटनच्या काळी याचे निश्चित उत्तर कोणालाच माहीत नव्हते, तरीही दोन शक्यता विचार करण्यासारख्या होत्या.

प्रकाश अतिशय सूक्ष्म कणांचा बनला असेल व ते सर्व कण एकाच दिशेने, सरळ रेषेत, अतिशय वेगाने प्रवास करत असतील, ही एक शक्यता होती. कदाचित प्रकाश अत्यंत सूक्ष्म लहरींचा बनला असेल व त्या सर्व एकाच दिशेने, सरळ रेषेत व अतिशय वेगाने प्रवास करत असतील, ही दुसरी शक्यता होती.

बंदुकीच्या गोळ्या काही अंतर सरळ रेषेत कसे पार करतात हे शास्त्रज्ञांना माहीत होते, त्याचप्रमाणे लहरींच्या स्वरूपातील ध्वनी हवेतून प्रवास करतो हेही त्यांच्या परिचयाचे होते. एखाद्या शांत तळ्यात खडा टाकला असता पृष्ठभागावर तरंग कसे पसरतात हेदेखील त्यांनी पाहिले होते.

पण लाटांसंबंधीची एक बाब विशेष लक्षात घेण्यासारखी होती ती म्हणजे, वाटेत अडथळा आल्यास लाटा त्याच्या बाजूने वळतात. पाण्यातील तरंगांत हे सहज दिसते. तसेच एखाद्या वळणापलीकडूनदेखील आवाज ऐकू येतो, म्हणजे ध्वनिलहरी एखाद्या कोपऱ्यावरून वळण घेत असाव्यात.

याउलट, बंदुकीच्या गोळ्या अशा प्रकारे वळत नाहीत व प्रकाशही असे वळण घेत नाही. वळणापलीकडे कोणी असल्यास ते आपल्याला दिसत नाही. वाटेत अडथळा आल्यास प्रकाश त्याच्या बाजूने निघून जातो, पण तो सरळ रेषेत.

याच कारणाने प्रकाश लहरींचा बनलेला नसून तो सूक्ष्म अशा प्रवाही कणांचा बनला असावा, असे न्यूटनचे मत झाले.

हे सर्वानाच मान्य झाले असे नाही. प्रकाशाच्या लहरी असाव्यात असे ख्रिस्तियान हायगेंझ (१६२९-१६६५) या डच शास्त्रज्ञाचे मत



श्रिस्तिआन हायगॅंझ

होते. मोठ्या लहरी जशा अडथळ्यांभोवती वळतात तशा सूक्ष्म लहरी सहजपणे वळत नाहीत, असे त्याचे म्हणणे होते. प्रकाश जर अत्यंत सूक्ष्म लहरींचा बनला असेल, तर तो अडथळ्यांभोवती सहजपणे वळणार नाही.

बहुतेक शास्त्रज्ञांनी मात्र न्यूटनचे म्हणणेच उचलून धरले, कारण त्या वेळपर्यंत तो खूप मोठा शास्त्रज्ञ आहे हे लोकांच्या लक्षात आले होते. खरे पाहता, आतापर्यंतच्या शास्त्रज्ञांपैकी तो सर्वात महान शास्त्रज्ञ होता, असे आजही मानले जाते.

तरीही महान शास्त्रज्ञदेखील कधीतरी काही चुका करू शकतातच की!

थॉमस यंग (१७७३-१८२९) या इंग्रज शास्त्रज्ञाने अखेर याचा छडा लावला. त्याला अनेक विषयांची खूपच माहिती होती.

सर्वप्रथम ते एक डॉक्टर होते. शिवाय 'एन्सायक्लोपिडिया ब्रिटानिका' साठी त्यांनी अनेक विषयांवर लेख लिहिले होते. प्राचीन इजिप्तमधील लिखाणाचा अर्थ लावण्याचा प्रयत्न करणारे ते पहिलेच गृहस्थ होते. एवढे सर्व असूनही, प्रकाशासंबंधी त्यांनी केलेल्या निरनिराळ्या प्रयोगांबद्दलच ते सर्वाधिक प्रसिद्ध आहेत.

यंग यांनी ध्वनीचा अभ्यास केला होता. जेव्हा दोन ध्वनींची टक्कर होते, म्हणजेच त्यांचे मार्ग एकमेकांचा छेद घेतात, तेव्हा कधीकधी एका ध्वनीमुळे दुसरा नाहीसाच होतो. एका ध्वनिलहरीतील हवा लहर आत आणत असतानाच दुसऱ्या लहरीतील हवा कधीकधी त्याच क्षणी बाहेर जात असते. अशा परिस्थितीत हवा कोणत्याच दिशेने प्रवास करू शकत नाही व कोणताच ध्वनी ऐकू येत नाही. ध्वनिलहरी जर वेगवेगळ्या लांबीच्या असतील, तर अधिक लांबीची लहर कमी लांबीच्या लहरीच्या पुढे जाते व काही काळासाठी तरी दोन्ही लहरींमधील हवेची हालचाल होत राहते. अशा वेळी तो ध्वनी एरवी असतो त्यापेक्षा अधिक मोठा असतो. मग त्या दोन्ही लहरींचा कालखंड बदलला की परत शांतता निर्माण होते व असे होतच राहते.

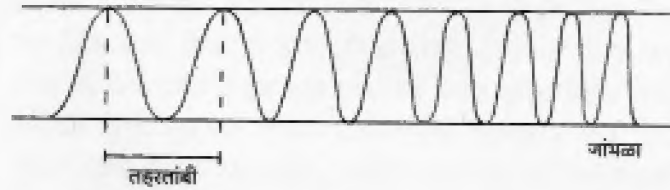
परिणामी, जेव्हा दोन ध्वनिलहरी एकमेकींना मिळतात त्या वेळी शांतता, आवाज, शांतता, परत आवाज असे ऐकू येत राहते. यालाच ठोके किंवा 'बीट्स' असे म्हणतात. कानाला ते त्रासदायक वाटते.

प्रकाश जर प्रवाही कणांचा बनला असेल, तर असे होणार नाही. एक कण दुसऱ्याचे अस्तित्व नाहीसे करू शकणार नाही.

१८०१ साली दोन निरनिराळ्या अरुंद फटीतून दोन प्रकाशकिरण एकमेकांपासून अगदी थोड्याच अंतरावरून पाठवण्याचा एक प्रयोग यंगने करून पाहिला. प्रकाशकिरण फटीतून आल्यावर ते किंचित विखुरले व धिंतीपर्यंत पोचेपर्यंत दोन्ही किरण एकमेकांत मिसळले गेले.

जेथे दोन किरण मिसळले गेले तेथे, ज्या ठिकाणी भिंतीवर एकच किरण पोहोचला होता त्यापेक्षा अधिक प्रकाश दिसेल अशी अपेक्षा होती. पण तसे अजिबात झाले नाही. ज्या ठिकाणी किरण एकमेकांत मिसळले गेले तेथे अंधार व प्रकाशाचे पट्टे आलटून-पालटून आले होते. प्रकाशकिरणांनी काही ठिकाणी एकमेकांना नाहीसे केले होते, तर काही ठिकाणी एकमेकांत भर घातली होती. संगीताच्या ठेक्यात होते नेमके तसेच हेदेखील आलटून-पालटून झाले होते.

जेव्हा दोन प्रकाशकिरण एकमेकांना नाहीसे करतात तेव्हा आपण म्हणतो, की ते एकमेकांत ढवळाढवळ करतात किंवा



गडबड निर्माण होते (इंटरफेरन्स होतो). म्हणूनच या प्रकाश व अंधाराच्या पट्ट्यांनादेखील 'इंटरफेरन्स फ्रिंजेस' म्हणतात.

यामुळे एक निश्चित झाले. प्रकाश सूक्ष्म लहरींचा बनलेला असतो हे हायगेंझचे म्हणणे खरे ठरले व न्यूटनचे मत चुकीचे ठरले. विशेष म्हणजे, 'इंटरफेरन्स फ्रिंज'च्या रुंदीवरून या लहरीची लांबी किती असेल याचा हिशेबही यंग करू शकला. यालाच लहरलांबी (वेव्लेंथ) म्हणतात. प्रकाशलहरीची लांबी सुमारे $1/40,000$ इंचाच्या आसपास असते. याचाच अर्थ, एक इंच लांबीचा प्रकाशकिरण घेतला तर त्यात सुमारे 40,000 लहरी एकामागे एक अशा असतील.

सर्वच प्रकाशलहरींची लांबी एकसारखी नसते. लाल रंगाच्या प्रकाशाच्या लहरींची लांबी सर्वाधिक असते, तर जांभळ्या रंगाच्या प्रकाशाची लहरलांबी असते सर्वात कमी. लहरलांबी जितकी कमी तितके त्या प्रकाशाचे विकिरीकरण अधिक होते. म्हणूनच लोलकातून प्रकाशाचे निरनिराळे पट्टे म्हणजेच वर्णपट दिसतो.

वर्णपटाच्या एका टोकाला असणाऱ्या लाल रंगाच्या प्रकाशाची लहरलांबी सुमारे $1/32,000$ इंच असते. दुसऱ्या टोकाला असणाऱ्या जांभळ्या रंगाच्या प्रकाशलहरीची लांबी $1/68,000$ इंच असते. इतर सर्व रंग यामधील भागात येतात आणि तांबडा, नारिंगी, पिवळा, हिरवा, निळा, पारवा व जांभळा या त्यांच्या क्रमाप्रमाणेच त्यांची लहरलांबीही बदलते.

२ | वर्णपटाची लांबी

आपल्याला प्रकाश व रंग का दिसतात?

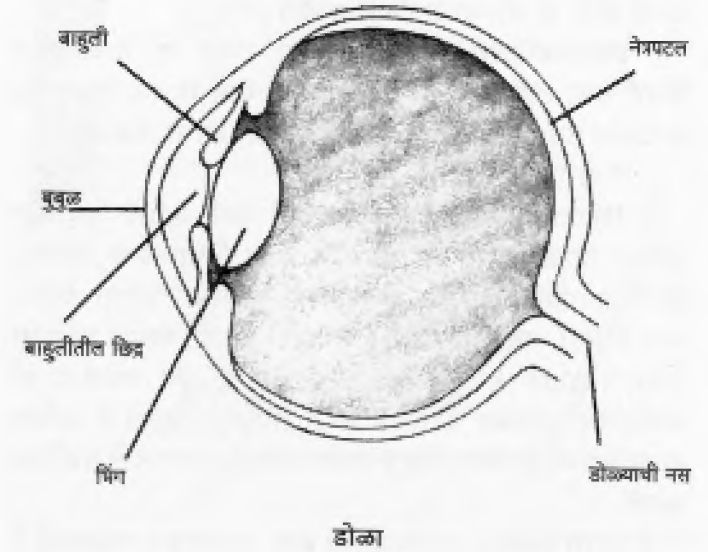
आपल्या डोळ्यांतील दृष्टिपटल (रेटिना) म्हणजे डोळ्यांच्या अंतर्भागात मागील बाजूला असलेला एक पेशींचा पडदा आहे. या पटलात निरनिराळी रसायने असून ती निरनिराळ्या लहरीलांबीचे प्रकाशाचे पट्टे शोषून घेतात. जेव्हा सर्व लांबीच्या प्रकाशलहरी या पटलापर्यंत पोचतात, तेव्हा सर्व रसायने कार्यरत असतात आणि आपल्याला नेहमीचा शुभ्र प्रकाश दिसतो. जेव्हा एखाद्या विशिष्ट लांबी असणाऱ्या लहरी मोठ्या प्रमाणात पटलापर्यंत पोचतात व इतर लहरींचे प्रमाण त्यामानाने बरेच कमी असते, तेव्हा काही रसायने इतर रसायनांपेक्षा अधिक कार्यरत होतात व आपल्याला तो विशिष्ट रंग दिसतो.

काही लहरींचा आपल्या दृष्टिपटलातील रसायनांवर काहीच परिणाम होत नाही म्हणून त्या आपल्याला दिसतच नाहीत, असे होऊ शकते का?

बहुधा तसे नसावे, कारण वर्णपटात त्या लहरी कोणत्याही ठिकाणी असल्या, तरी त्या आपल्याला दिसतातच. कोणताही रंग आपल्याला दिसतो.

याबाबत काहीच शंका राहात नाही. शिवाय १८०० सालापूर्वी कोणीच याचा विचारही केला नव्हता हेही खरेच आहे. डोळे जर चांगल्या स्थितीत असतील तर प्रकाश दिसणारच, न दिसणारा प्रकाश कसा असेल?

विल्यम हर्षल (१७३८-१८२२) नावाच्या जर्मन-ब्रिटिश शास्त्रज्ञाच्या प्रयोगांतून काही निराळेच दिसून आले. तो खरा



खगोलशास्त्रज्ञ म्हणूनच प्रसिद्ध होता. त्यानेच १७८१ साली युरेनस या ग्रहाचा शोध लावला होता.

अर्थात, चांगल्या शास्त्रज्ञांना अनेक गोष्टींत रस असतो; हर्षललादेखील वर्णपटात बरेच स्वारस्य वाटू लागले.

सूर्यापासून आपल्याला दोन गोष्टी मिळतात. एक म्हणजे प्रकाश- तो आपल्याला दिसतो आणि दुसरी म्हणजे उष्णता- ती आपण अनुभवू शकतो. रात्री केवळ अंधारच होतो असे नाही, तर थंडही होते, हे आपणा सर्वांनाच माहीत आहे.

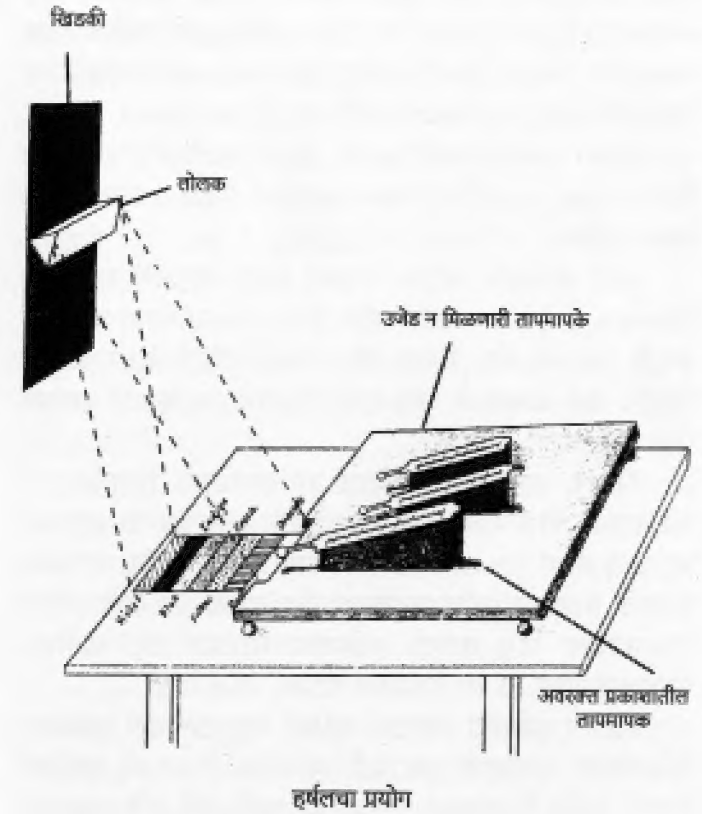
प्रकाशाबरोबरच उष्णताही मिळत असेल का, याचा हर्षल विचार करू लागला. हे शोधण्याचा एक मार्ग म्हणजे तापमापक वर्णपटात ठेवायचा व त्याचे तापमान वाढते का ते पाह्यायचे.

ते खरोखरच वाढले!

वर्णपटाच्या निरनिराळ्या भागांतून कमी-अधिक प्रमाणात उष्णता मिळत असेल का, याचाही हर्षल विचार करू लागला. त्याने तापमापकाचा गोळा वर्णपटाच्या जांभळ्या भागात ठेवला, नंतर निळ्या, मग हिरव्या वगैरे भागातही ठेवला. प्रत्येक भागातच तापमान वाढते असे त्याच्या लक्षात आले; पण जसजसा तो वर्णपटाच्या तांबड्या भागाकडे जाऊ लागला, तसतसे ते अधिक वाढत असल्याचे त्याला दिसून आले. तांबड्या भागात ते सर्वाधिक वाढले.

हे तसे आश्चर्य वाटण्याजोगेच होते. वर्णपटाच्या मध्यभागी ते सर्वाधिक असेल अशी हर्षलची अपेक्षा असावी. मग वर्णपटाच्या तांबड्या पट्ट्याच्याही पलीकडे जेथे प्रकाश दिसतच नव्हता, तेथे तापमापकाचा गोळा ठेवल्यास काय होते ते पाह्यावे, असा त्याने विचार केला. त्या ठिकाणी तापमान मुळीच वाढणार नाही अशीच त्याची अपेक्षा होती.

मात्र तसे घडले नाही. लाल प्रकाशात होते त्यापेक्षाही तापमान



अधिकच वाढले. म्हणजे प्रकाश न मिळताही सूर्याकडून उष्णता मिळत होती. म्हणजे सूर्याकडून दोन निरनिराळ्या प्रकारचे - प्रकाश व उष्णता देणारे - किरण येत असणार, असे हर्षलचे मत झाले. याचा अर्थ, दोन प्रकारचे वर्णपट असले पाहिजेत, एक आपल्याला दिसणारा प्रकाशाचा वर्णपट आणि दुसरा तापमापकाला समजणारा उष्णता देणारा वर्णपट. हे दोन्ही वर्णपट एकमेकांत मिसळलेले होते, पण त्यांचा काही भाग वेगळा असावा.

याच्या पुढल्याच वर्षी म्हणजे १८०१ साली योहान विल्येम रिटर (१७७६-१८१०) या जर्मन शास्त्रज्ञाने एक निराळाच प्रयोग करून पाहिला.

चांदी असणाऱ्या पांढऱ्या रंगाच्या काही रसायनांचे प्रकाशात विघटन होते हे त्या काळी माहीत होते. त्या रसायनात चांदी या धातूचे लहानसे कण दिसून येत असत. चांदीचे सूक्ष्म कणांत विघटन केले असता ते कण काळे दिसतात, म्हणून ही रसायने प्रकाशात काळी पडतात.

रिटरने कागदाच्या पट्ट्या या रसायनात भिजवल्या व वर्णपटाच्या निरनिराळ्या भागांत ठेवल्या. वर्णपटाच्या तांबड्या पट्ट्यात याचा रंग अजिबात काळवंडला नाही; परंतु जांभळ्या रंगाकडे जाणाऱ्या पुढील पट्ट्यात मात्र त्यांचा रंग अधिकाधिक काळवंडलेला दिसू लागला. जांभळ्या पट्ट्यात तर नेहमीच्या सूर्यप्रकाशापेक्षा हा रंग अधिकच चटकन काळवंडला.

रिटरला हर्षलच्या प्रयोगाची माहिती असल्याने त्याने रसायनात भिजवलेल्या कागदाची एक पट्टी जांभळ्या रंगाच्याही पलीकडे ठेवली; आणि ती जांभळ्या रंगाच्या पट्ट्यापेक्षाही अधिक चटकन काळवंडली. याचा अर्थ, सूर्यप्रकाशात काही रासायनिक किरणही होते का? म्हणजे तीन प्रकारचे किरण व सूर्याचे तीन प्रकारचे वर्णपट असतील का? एक साध्या डोळ्यांना दिसणारा, दुसरा

तापमापकाद्वारे समजून येणारा व तिसरा रासायनिक?

हे सर्व फारच गोंधळात टाकणारे होते. पण त्यानंतर यंगच्या प्रकाशाच्या अडथळ्यांच्या प्रयोगाची माहिती जाहीर झाल्यानंतर प्रकाश लहरींचा बनलेला असतो हे शास्त्रज्ञांना माहीत झाले व सर्वच परिस्थिती बदलली.

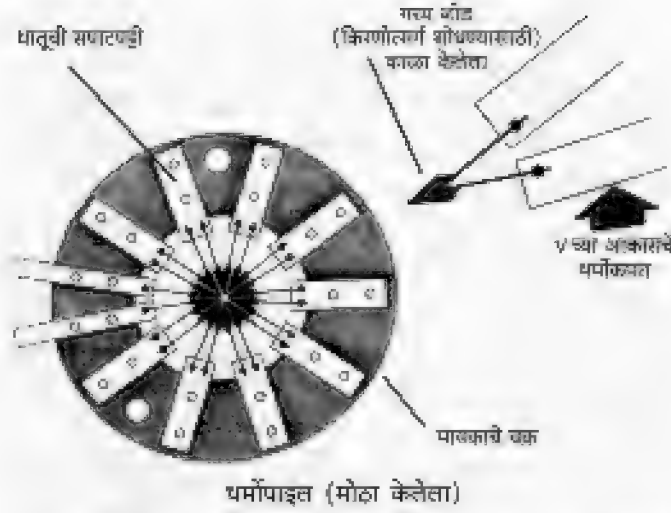
तांबड्या प्रकाशाच्या लहरीपेक्षाही अधिक लांबीच्या लहरी असतात व मानवी दृष्टिपटलातील रसायनांवर या लांब लहरींची काहीच प्रतिक्रिया होत नाही, हे आता स्पष्ट झाले. त्याचप्रमाणे प्रकाशात जांभळ्या रंगाच्या लहरीपेक्षाही अधिक आखूड लहरीही असतात आणि मानवी दृष्टिपटलातील रसायनांवर त्यांचाही काही परिणाम होत नाही.

याचा अर्थ, आपल्याला तांबड्या रंगापासून ते जांभळ्या रंगापर्यंतचा वर्णपटाचा केवळ काही भागच दिसतो. प्रत्यक्षात वर्णपट तांबड्या व जांभळ्या रंगांच्याही पलीकडे पसरलेला असतो, पण तो आपल्याला दिसत नाही.

तांबड्या रंगाच्या पलीकडे पसरलेल्या वर्णपटाला 'अवरक्त किरणोत्सर्ग' (इन्फ्रारेड रेडिएशन) म्हणतात. इन्फ्रा या लॅटिन शब्दाचा अर्थ आहे 'खाली'. वर्णपट जांभळ्या रंगापासून सुरू होऊन लाल रंगापर्यंत खाली पसरला आहे अशी कल्पना केल्यास अवरक्त किरण लाल रंगाच्या खाली येतील.

वर्णपटातील जांभळ्या रंगापलीकडे असणाऱ्या किरणांना 'अतिनील किरणोत्सर्ग' (अल्ट्राव्हायलेट रेडिएशन) म्हणतात. 'अल्ट्रा' या लॅटिन शब्दाचा अर्थ आहे 'पलीकडे', अतिनील किरण खरोखरच वर्णपटात जांभळ्या रंगाच्या पलीकडे येतात.

अभ्यास करण्यासाठीदेखील अवरक्त किरण जर दिसतच नसतील, तर ते नेहमीच्या प्रकाशासारखेच असतात; पण केवळ त्यांच्या लहरींची लांबीच अधिक असते, हे तरी कसे समजणार?



सुदैवाने १८३० साली तापमान मोजण्याचा एक अतिशय संवेदनशील मार्ग शोधून काढण्यात आला होता. त्याला म्हणतात 'थर्मोपाइल'. यात दोन निरनिराळ्या धातूंच्या पट्ट्या एकामागून एक या पद्धतीने वापरण्यात येतात. याचे एक टोक गरम केले असता त्यातून विद्युत्प्रवाह निर्माण होतो. अत्यंत सूक्ष्म विद्युत्प्रवाहदेखील यात सहजपणे मोजता येतो, म्हणून अगदी लहान प्रमाणातील उष्णताही यात मोजता येते.

मॅसेडोनियो मेलोनी (१७९८-१८५४) या इटालियन शास्त्रज्ञाने थर्मोपाइलमध्ये आणखीही काही सुधारणा केल्या, त्यामुळे साध्या डोळ्याला प्रकाश जितका सहजपणे समजून येतो, त्याच पद्धतीने अवरक्त किरणोत्सर्गही यातून समजून येई. अवरक्त लहरी साध्या प्रकाशाप्रमाणे काचेतून किंवा लोकातून सहज आरपार जात नाहीत, म्हणून मेलोनीने खनिज मिठापासून काचा व लोकाही तयार केले. अवरक्त किरण खनिज मिठातून सहज आरपार जातात.

अवरक्त प्रकाशलहरीही नेहमीच्या साध्या प्रकाशाप्रमाणेच असतात, असे त्याने १८५० साली निःसंशयरीत्या दाखवून दिले. अवरक्त किरणही परावर्तित (रिफ्लेक्ट) होतात व त्यांचे विकिरीकरण (रिफ्रॅक्शन) देखील होते. अवरक्त किरणाचे 'दोन पट्टे घेतल्यास त्यांच्यातील 'अडथळ्यांची झालर' (इंटरफेरन्स फ्रिज) देखील त्याने दाखवून दिली. यात मग काहीच शंका उरली नाही.

खरोखर वर्णपट कुठपर्यंत पसरलेला होता? अवरक्त आणि अतिनील किरणांच्या पलीकडेही आणखी काही होते का?

जेम्स क्लार्क मॅक्सवेल (१८३१-१८७९) या इंग्रज शास्त्रज्ञाच्या संशोधनकार्यातून याचे उत्तर मिळाले. वास्तविक त्याला विद्युत व चुंबकशास्त्र यात खरे स्वारस्य होते व त्यातूनच तो प्रकाशाच्या अभ्यासाकडे वळला.

प्राचीन ग्रीक लोकांनादेखील विद्युत व चुंबकाविषयीचे जुजबी ज्ञान होते. तथापि, विद्युत्प्रवाह तारेतून कसा पाठवता येतो याचे ज्ञान शास्त्रज्ञांना एकोणिसाव्या शतकातच झाले. (अधिक माहितीसाठी आसिमोव्ह यांच्या 'शोधांच्या कथा' याच मालिकेतील 'विद्युत' या विषयावरील पुस्तक पहा.)

१८२० साली असा शोध लावण्यात आला होता, की विद्युत्प्रवाह तारेतून गेल्यास त्या तारेत चुंबकाचे गुणधर्म येतात. त्याचप्रमाणे तारेच्या एखाद्या भेडोळ्यातून चुंबक फिरवल्यास तारेतून विद्युत्प्रवाह निर्माण होतो.

विद्युत व चुंबकत्व या दोन निराळ्या गोष्टी आहेत असेच मानले जात असे; परंतु या दोन्हीत काहीतरी जवळचे नाते असावे असे दिसू लागले होते.

मॅक्सवेलला यात स्वारस्य वाटू लागले. हे नाते नेमके कसे आहे याचा त्याला अभ्यास करायचा होता.

सुमारे ९ वर्षे त्याने याचा बारकाईने अभ्यास केला व १८७३

च्या सुमारास त्याने चार साधे गणिताचे नियम मांडले. या चार नियमांनी विद्युत व चुंबकत्व यांच्या एकमेकांवरील परिणामांचे वर्णन करता येते त्यांना 'मॅक्सवेलचे समीकरण' (मॅक्सवेल्स इक्वेशन) असेच नाव आहे.

मॅक्सवेलची समीकरणे जर बरोबर असतील, तर विद्युत आहे तेथे चुंबकत्व असणारच; आणि चुंबकत्व असेल तर विद्युतही असणारच. प्रत्यक्षात, या दोन्ही मिळून एकच बाब बनते व ती आहे 'विद्युतचुंबकत्व' (इलेक्ट्रोमॅग्नेटिझम).

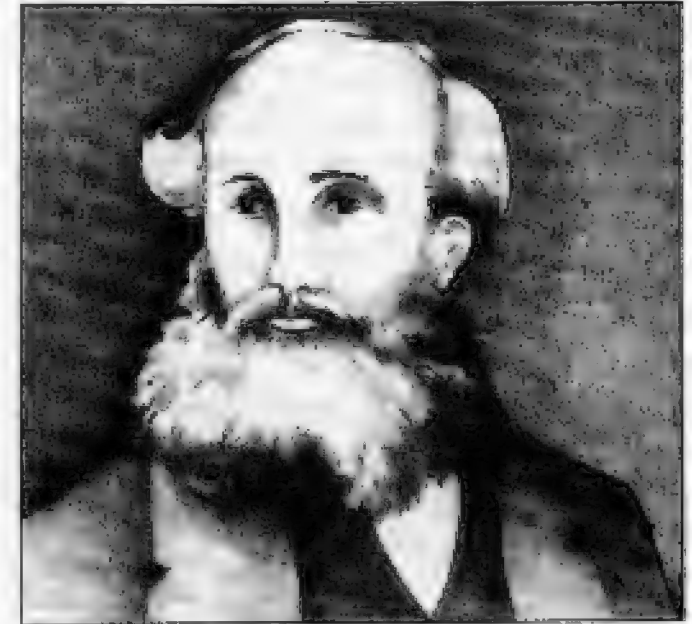
विद्युत तयार झाल्याक्षणीच चुंबकत्व येते व त्यातून परत विद्युत तयार होते, असे मॅक्सवेलने दाखवून दिले. त्यामुळे विद्युतचुंबकत्वाचे क्षेत्र सर्व बाजूंना बाहेर पसरते. या बाहेर पसरण्याच्या गुणधर्माला 'विद्युतचुंबकीय किरणोत्सर्ग' म्हणतात.

या समीकरणावरून हा किरणोत्सर्ग कौणत्या वेगाने पसरेल हेदेखील मॅक्सवेलने शोधून काढले. हा वेग प्रचंड होता- दर सेकंदाला सुमारे १,८६,३०० (एक लक्ष शहाऐंशी हजार तीनशे) मैल. प्रकाशाचा वेगही नेमका तोंच आहे. म्हणून प्रकाश म्हणजे विद्युतचुंबकीय किरणोत्सर्ग असणार, असे मॅक्सवेलने ठरवले.

पण मग प्रकाशात निरनिराळ्या लांबीच्या लहरी का असतात?

विद्युत्भार असणारे काहीतरी सतत पुढे-मागे या तऱ्हेने हलत असते म्हणून विद्युतचुंबकीय लहरी उत्पन्न होतात. दरवेळी ते पुढे-मागे झाले की त्यातून एक लहर निर्माण होते. समजा, हा भार एका सेकंदात साठ अब्ज वेळा पुढे-मागे झाला अशी कल्पना करा. म्हणजेच या किरणोत्सर्गाने (एका सेकंदात) १,८६,३०० मैल प्रवास केला असा याचा अर्थ होतो. प्रकाशाच्या लांबीत ६० अब्ज सूक्ष्म लहरी असतात. प्रत्येक लहर सुमारे $1/40,000$ इंच लांबीची असते. दृश्य प्रकाशाची ही लहरलांबी (वेव्हलेंथ) झाली.

मॅक्सवेलच्या काळात अणूच्या गाभ्यात काही असते हे माहीत



जेम्स क्लार्क मॅक्सवेल

झाले नव्हते. आता अर्थातच अणूच्या अंतर्भागातही विद्युत्भार असतो व तो अत्यंत जलद गतीने पुढे-मागे होत असल्याने त्यातून प्रकाश येतो, हे आपल्याला माहीत आहे. प्रत्येक अणूच्या गाभ्यातील विद्युत्भार निरनिराळ्या गतीने दोलायमान होत असल्याने प्रकाशात निरनिराळ्या लांबीच्या लहरी असतात.

मॅक्सवेलच्या समीकरणात, विद्युत्भार कोणत्याही एकाच विशिष्ट गतीने दोलायमान होतो असे कोठेच म्हटलेले नाही, याकडे त्याने मुद्दाम लक्ष वेधले होते. ही आंदोलने इतक्या चटकन होऊ शकत, की त्या विद्युत्चुंबकीय किरणोत्सर्गातून अतिनील किरणांपेक्षाही लहान लांबीच्या लहरी निर्माण होऊ शकत. किंवा हा विद्युत्भार संथगतीने आंदोलित झाल्याने विद्युत्चुंबकीय किरणोत्सर्गातून अवरक्त किरणांपेक्षाही अधिक लांबीच्या लहरी निर्माण होऊ शकतात.

३ | रेडिओलहरी व मायक्रोलहरी

एखादी गोष्ट गणितात सांगितली आहे म्हणून ती अस्तित्वात असली पाहिजे, अशी कल्पना करावी लागली तर त्याने शास्त्रज्ञांचे समाधान होत नाही. गणिताने एखादी गोष्ट असेल अशी अपेक्षा व्यक्त केल्यास काय शोधायला हवे ते त्यांना समजते; आणि मग शास्त्रज्ञांना ती गोष्ट शोधून काढावीच लागते.

मॅक्सवेलच्या समीकरणात म्हटले होते, की वर्णपटातील एका टोकाला अवरक्त किरणांच्या पलीकडे व दुसऱ्या टोकाला अतिनील किरणांच्या पलीकडेही विद्युत्चुंबकीय किरणोत्सर्ग असणे शक्य आहे. आता तो किरणोत्सर्ग शोधणे भागच होते.

हेन्रिच रुडॉल्फ हर्ट्झ (१८५७-१८९४) या जर्मन शास्त्रज्ञाला यात सर्वप्रथम यश मिळाले.

१८८८ साली हर्ट्झने अतिशय जलद गतीने आंदोलित होणारा विद्युत्प्रवाह सुरू केला. त्याने तयार केलेल्या मंडलात धातूच्या दोन गोळ्यांत अगदी लहानशी मोकळी जागा होती व त्यात फक्त हवा होती. विद्युत्प्रवाह प्रथम एका गोळ्यात गेला. त्याने दिशा बदलली तेव्हा तो दुसऱ्या गोळ्यात गेला, परत दिशा बदलल्यावर परत पहिल्या गोळ्यात; आणि असे होतच राहिले. प्रत्येक वेळी एका गोळ्यातून दुसऱ्या गोळ्यात जाताना मधल्या रिक्त्या जागेत एक ठिणगी उडालेली दिसे.

मॅक्सवेलचे म्हणणे जर खरे असेल, तर मंडल दोलायमान असतानाच विद्युत्चुंबकीय किरणोत्सर्ग दिसायला हवा, असे हर्ट्झचे मत होते. या किरणोत्सर्गाची लांबी अवरक्त किरणांपेक्षाही अधिक असायला हवी. परंतु हे असेच घडत होते हे कसे समजणार?

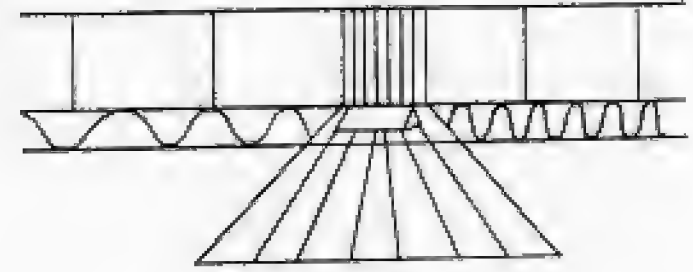
विद्युतचुंबकीय किरणोत्सर्ग मोजण्यासाठी (डिटेक्टर) हर्ट्झने एक लहानशी फट असणारी साधी गोलाकार तार वापरली. जर आंदोलित होणाऱ्या विद्युत्प्रवाहाने किरणोत्सर्ग निर्माण झाला तर त्या किरणोत्सर्गाने गोलाकार तारेतदेखील आंदोलित होणारा विद्युत्प्रवाह निर्माण होईल.

नेमके तसेच घडले. हर्ट्झच्या तारेतील छोट्याशा फटीतही छोट्या ठिणग्या उडाल्या. त्याने ती तार खोलीत निरनिराळ्या ठिकाणी नेली. लहर ज्या ठिकाणी बरीच वर किंवा बरीच खाली होती, तेथेही ठिणगी उडाली, त्याहूनही वर अगर खाली तर ठिणगी अधिकच तेजस्वी होती. लहर जेथे खाली अगर वर नसून त्यामधील जागेतच होती, तेथे मात्र ठिणगी पडली नाही. या प्रकारे या आंदोलित प्रवाहाने निर्माण झालेल्या लहरीची लांबी २.२ फूट किंवा प्रकाश लहरीपेक्षा दहा लाख पटींहून अधिक होती हे त्याला समजले.

सुरुवातीला या अतिशय लांब विद्युतचुंबकीय किरणोत्सर्गाच्या लहरींना 'हर्ट्झियन लहरी' असेच म्हणत असत. नंतर मात्र त्यांना 'रेडिओ लहरी' असे नाव देण्यात आले.

अवरक्त किरणांच्या लहरी जसजशा अधिकाधिक लांब होतात तशा त्या रेडिओलहरी बनतात. या दोन प्रकारच्या लहरींमध्ये काही नेमका फरक आहे असे नाही. सोयीसाठी म्हणून १/२५ इंच ही शास्त्रज्ञांनी विभाजनाची रेषा मानली आहे. १/२५ इंचापेक्षा कमी लांबीच्या लहरींना अवरक्त लहरी मानतात (त्या जर पुरेशा लहान असल्या तर त्या प्रकाशलहरी होतात). त्याहून अधिक लांबीच्या लहरी म्हणजेच रेडिओलहरी.

रेडिओलहरींची लांबी कितीही असू शकते- काही इंच, काही यार्ड किंवा काही मैलदेखील. हवे तर रेडिओलहरींचे लांब लहरी (लॉंग वेव्ह), लहान लहरी (शॉर्ट वेव्ह) किंवा अतिलहान लहरी (व्हेरी शॉर्ट वेव्ह) असे वर्गीकरणही करता येते. अतिलहान



रेडिओलहरींना सामान्यतः 'लघुलहरी' (मायक्रोवेव्हज) म्हणतात. 'मायक्रो' या ग्रीक शब्दाचा अर्थ आहे 'लहान'.

लघुलहरींची लांबी १/२५ इंच ते सव्वा सहा इंचांपर्यंत असते. शास्त्रज्ञांना एकदा रेडिओलहरींची माहिती झाल्यावर, अशा लहरींद्वारे दूरवर संदेश पाठवण्यासाठी त्यांचा उपयोग करता येईल का, याचा ते विचार करू लागले. त्यापूर्वी सुमारे पन्नास वर्षांपासून तारेद्वारे (टेलिग्राफमार्फत) संदेश पाठवले जात असत. यासाठी संपूर्ण खंडांमध्ये खांबांवरून तार जोडावी लागे तसेच महासागरांच्या तळातूनही केबल घालावी लागत असे.

त्याऐवजी जर रेडिओलहरींचा वापर करता आला, तर इतक्या महागड्या तारा व केबलवर अवलंबून राहावे लागणार नाही.

१८९० साली एदुआर्द ब्रॅन्ली (१८४४-१९४०) या फ्रेंच शास्त्रज्ञाने, हर्ट्झने वापरला होता त्यापेक्षा अधिक चांगला डिटेक्टर तयार केला. १५० यार्डांवरची ब्रॅन्लीच्या साधनाला रेडिओलहरी पकडता आल्या. ऑलिव्हर जोझेफ लॉज (१८५१-१९४०) या ब्रिटिश शास्त्रज्ञाने यात आणखी सुधारणा केली व त्याला तर अर्ध्या मैलावरही या लहरी पकडता आल्या. त्याने ठिपके व रेषा या स्वरूपातही या रेडिओलहरी पाठवल्या, म्हणजे मॉर्सच्या पद्धतीनेही संदेश पाठवता येतील.



गुग्लिएल्मो मार्कोनी

गुग्लिएल्मो मार्कोनी (१८७४-१९३७) या इटालियन शास्त्रज्ञाचा अर्थात या सर्वांहून अधिक यश लाभले. क्षितिजतंत्र प्रकारच्या उंच तारांच्या माध्यमातून (अँटेना) त्याला अधिक शक्तिशाली लहरी पाठवता आल्या तसेच त्या सहजरीत्या पकडताही आल्या. (काही क्रीटकांच्या डोक्यावर अशा प्रकारच्या सूक्ष्म तारेसारख्या रचना असतात, त्यासाठीही 'अँटेना' हाच शब्द वापरला जातो.)

१८९६ सालापर्यंत मार्कोनीला ९ मैलांच्या अंतरापर्यंत असा संदेश मिळवता येऊ लागला. यात आणखीही सुधारणा करता येईल का? रेडिओलहरी सरळ रेषेतच प्रवास करतात, पण पृथ्वीचा पृष्ठभाग मात्र गोलाकार असल्याने खाली वळलेला असतो. ९ मैलांनंतर रेडिओलहरी ढगातून जाऊन खरे तर अवकाशातच निघून जायला हव्यात.

सुदैवाने उंचावरील वातावरणात विद्युत्भारित कणांचा एक थर असतो. याला 'आयनोस्फियर' असे नाव आहे. कारण विद्युत्भारित कणांना म्हणतात 'आयन्स'. या थरातून रेडिओलहरी परावर्तित केल्या जातात. पृथ्वी व हा थर यांच्या दरम्यान रेडिओलहरी चेंडूसारख्या उसळ्या घेतात आणि अशा प्रकारे त्या पृथ्वीच्या गोलाकाराभोवती प्रवास करू शकतात.

१२ डिसेंबर १९०२ रोजी मार्कोनी इंग्लंडच्या नैऋत्य टोकाला गेला व एका फुग्यातून त्याने रेडिओद्वारे संदेश पाठवला. अँटलांटिक महासागराच्या दुसऱ्या टोकाला असणाऱ्या न्यूफाउंडलँडमध्ये हा संदेश पोचला. केवळसचा उपयोग न करता, केवळ किरणोत्सर्गाच्या वापरातून त्याने महासागराच्या पलीकडे हा संदेश पाठवला होता. याच कारणामुळे मार्कोनीला 'रेडिओटेलिग्राफी' या तंत्राचा जनक मानतात. सर्वकरच या शब्दाचे 'रेडिओ' हे लघुरूप प्रचलित झाले.

काही वर्षांनी 'रेजिनाल्ड ऑब्रि फेसेन्डन (१८६६-१९३२) या

कॅनेडियन-अमेरिकन शास्त्रज्ञाने रेडिओलहरीत कशा प्रकारे बदल केल्याने त्या ध्वनिलहरींसारख्या जाणवतील हे शोधून काढले. मग ध्वनिलहरींमधून निर्माण झालेल्या रेडिओलहरी ध्वनिलहरींमधील फरकही दाखवून देऊ शकत. दुसऱ्या टोकाला अशा प्रकारे निर्माण केलेल्या रेडिओलहरींचे रूपांतर परत ध्वनिलहरीत करता येत असे. अशा प्रकारे तंत्रज्ञ रेडिओतून आवाज व संगीतदेखील ऐकू शकत असत. २४ डिसेंबर १९०६ रोजी रेडिओतून प्रथमच संगीत ऐकता आले.

कालांतराने यात इतर अनेक सुधारणा झाल्या व आज आपल्याला सर्वत्र दिसणारे रेडिओ व टेलिव्हिजन सेट तयार झाले.

मायक्रोवेव्हज या लघु रेडिओलहरींचा १९३० सालापर्यंत फारसा कशासाठीच उपयोग करण्यात येत नव्हता. त्यानंतर दूरच्या अंतरावरील वस्तूंचा शोध घेण्यासाठी किरणोत्सर्गाचा वापर करण्याचा प्रश्न निर्माण झाला.

यात विचित्र वाटण्यासारखे काहीच नाही, कारण दूरवरच्या वस्तूंचा आपण याच प्रकारे शोध घेतो. दूरवरच्या वस्तूंकडून प्रकाश परावर्तित झालेला आपल्याला दिसतो. त्यामधून मिळणाऱ्या प्रतिमेवरून त्या वस्तूचा आकार व रंग, तसेच ती वस्तू साधारण किती अंतरावर आहे हे आपल्याला समजते.

तथापि, प्रकाश पाण्यात खूप खोलवर जाऊ शकत नाही म्हणून सागरातील वस्तू आपल्याला दिसत नाहीत. ध्वनिलहरी पाण्यातून जाऊ शकतात, पण त्या इतक्या तांब असतात, की पाण्यातील लहानशा वस्तूंपासून त्या परावर्तित होत नाहीत; त्याऐवजी त्या त्यांच्या बाजूने वळून जातात.

पण मग आपल्या कानांना ऐकू येणार नाहीत अशा अतिशय आखूड तांबीच्या ध्वनिलहरींचा उपयोग केला आहे अशी कल्पना

करा. अशा ध्वनिलहरींना 'अल्ट्रासाउंड' लहरी म्हणतात. (या लॅटिन शब्दांचा अर्थ आहे 'आवाजाच्या पलीकडे'.)

१९१७ साली पॉल लॅजव्हॅ (१८७२-१९४६) या फ्रेंच शास्त्रज्ञाने अशा अल्ट्रासाउंड लहरी सागरात पाठवून त्यांचा प्रतिध्वनी मिळवता येईल अशा यंत्रणेचा शोध लावला. या प्रतिध्वनीवरून, ज्या वस्तूवरून या लहरी परावर्तित झाल्या होत्या त्या वस्तूचा आकार व आकारमान सांगता येत असे. या लहरी त्या वस्तूपर्यंत पोचून त्यांचा प्रतिध्वनी मिळेपर्यंतचा वेळ यावरून त्या वस्तूचे अंतरही गणिताने समजून घेता येते. या पद्धतीला 'सोनार' म्हणतात. 'साउंड नॅव्हिगेशन अँड रेंजिंग' (यातील रेंजिंग या शब्दाचा अर्थ आहे अंतर सांगणे) या शब्दांच्या लघुरूपातून हा शब्द बनला आहे.

पहिल्या जागतिक युद्धाच्या काळात सागरातील जर्मन पाणबुड्या शोधण्यासाठी लॅजव्हॅने ही पद्धत शोधून काढली. परंतु सोनार यंत्रणा पूर्णपणे कार्यक्षम होईपर्यंत जागतिक युद्धाचा शेवट होऊन जर्मनीचा पराभव झाला होता. युद्धानंतर मात्र या तंत्राचा, सागराच्या तळाचा अभ्यास करण्यासाठी उपयोग करण्यात आला.

१९३० च्या दशकात जर्मनीवरोबर नव्याने युद्ध होण्याची शक्यता दिसू लागली; आणि आता विमानांपासून मोठाच धोका निर्माण झाला होता. रात्रीच्या वेळी न दिसणारी विमाने किंवा दगांच्या वरून जाणारी विमाने आपल्याकडे येत आहेत का हे समजणे गरजेचे होते. त्यासाठी 'सोनार'चा उपयोग होत नव्हता, कारण त्याचे कार्य त्यासाठी फार संध गंतीने होणारे होते.

प्रकाशाच्या वेगाने जाणाऱ्या विद्युत्चुंबकीय किरणोत्सर्गाची यासाठी गरज होती. या लहरी फार तांब असून चालणार नव्हते, कारण त्या विमानाने परावर्तित झाल्या नसत्या. तसेच त्या जर फार आखूड असतील, तर त्या वातावरणात धुके, धूर वा दग असताना पुरेशा दूरवर जाणार नाहीत. यासाठी मायक्रोलहरी हा योग्य पर्याय



दुसऱ्या महायुद्धातील किनाऱ्यावरील रडार केंद्र

होता- त्यांची लांबी नेमकी हवी तेवढीच होती.

मायक्रोलहरींचे फवारे पाठवून त्यांचा येणारा प्रतिध्वनी एकत्रित करण्याचा काहीतरी मार्ग शास्त्रज्ञांना शोधून काढणे भाग होते. तसेच फवारे पाठवल्याच्या वेळेपासून ते त्याचा प्रतिध्वनी येईपर्यंत सेकंदाचा एक सहानसा भाग एवढा कमी वेळ लागत असता, तरीही तो वेळ नेमकेपणे मोजता येणेही गरजेचे होते. त्यावरून त्या वस्तूचे अंतर व आकार समजणार होते.

१९३५ सालापर्यंत विशेषतः रॉबर्ट अलेक्झांडर वॅट्सन-वॅट (१८९२-१९७३) या ब्रिटिश शास्त्रज्ञांच्या प्रयत्नांमुळे अशी यंत्रणा कार्यान्वित करण्यात आली. यात कमी लांबीच्या ध्वनितहरींच्या ऐवजी कमी लांबीच्या रेडिओलहरींचा वापर करण्यात येत असल्याने त्याला 'रडार' ('रेडिओ डिटेक्शन अँड रेंजिंग'चे लघुरूप) असे नाव देण्यात आले.

१९३९ साली युद्धाची सुरुवात झाली व जर्मनीच्या विमानांनी इंग्लंडवर जोरदार हल्ले केले. यालाच 'ब्रिटनची लढाई' असेही म्हणतात. जर्मनीकडे अधिक विमाने होती; परंतु इंग्लंडकडे 'रडार' होते आणि जर्मनीची विमाने कोठे आहेत व ती केव्हा येतील हे त्यांना आधीच समजत असे. ब्रिटिशांची विमाने अगोदरच जागेवर उपस्थित असत, त्यामुळे जर्मनीचा या लढाईत पराभव झाला व अखेर पहिल्या जागतिक युद्धाप्रमाणेच दुसऱ्या जागतिक युद्धातही जर्मनीला हार पत्करावी लागली.

दुसरे जागतिक युद्ध पांढल्यानंतर रडार व मायक्रोलहरींचा वापर रोजच्या जीवनातही सुरू झाला. वेगमर्यादा ओलांडून अधिक वेगाने जाणाऱ्या मोटारी पकडून घातकांना शिक्षा करण्यासाठी पोलीस रडारचा उपयोग करू लागले. विमानतळांवर येणाऱ्या विमानांवर लक्ष ठेवण्यासाठीही रडारचा वापर होऊ लागला. विमानतळांवरून जाणाऱ्या व येणाऱ्या विमानांची टक्कर होण्याचा

धोका टाळून त्यांची वाहतूक सुरळीत करणे यामुळे शक्य झाले.

घरांमध्येदेखील मायक्रोलहरीचा वापर सुरू झाला.

नेहमीच्या स्वयंपाकासाठी बुलीवर किंवा विजेच्या शेंगड्यांवर वस्तू गरम कराव्या लागतात. यात मोठ्या प्रमाणावर अवरक्त किरण बाहेर टाकले जातात व ती उष्णता शिजणाऱ्या पदार्थाला दिली जाते.

तथापि, अवरक्त किरणोत्सर्ग अन्नात पूर्णपणे शोषला जात नाही म्हणून उष्णता केवळ पृष्ठभागापर्यंतच पोहोचते. बाहेरील उष्णता पदार्थाच्या अंतर्भागापर्यंत पोचण्याचे काम अतिशय संथ गतीने होते. उदाहरणार्थ, एखादी कॉवडी भाज्याची असल्यास तिचा आतील भाग चांगला भाजला जाण्यास बराच वेळ लागतो.

मायक्रोलहरींच्या लहरी लांब असल्याने त्यांची उष्णता पदार्थाच्या अंतर्भागापर्यंत, खोलवर पोचू शकते. उदाहरणार्थ, मांसाचा एखादा मोठा तुकडा शिजवायचा असल्यास, या लहरी केवळ पृष्ठभागाशी न थांबता थेट आतपर्यंत जाऊ शकतात. आता अनेक घरांमध्ये लवकर स्वयंपाक करण्यासाठी मायक्रोलहरींच्या ओव्हनचा उपयोग केला जातो. बाजारातही मायक्रोलहरी ओव्हनमध्ये शिजवण्यासाठीचे अन्नपदार्थ वेगळ्या प्रकारच्या वेष्टणातून दिले जातात.

४ | ग्रह व मायक्रोलहरी

दुसऱ्या जागतिक युद्धानंतर रडारचाही शास्त्रीय संशोधनासाठी वापर होऊ लागला. उदाहरणार्थ, रडारसाठी वापरण्यात येणाऱ्या मायक्रोलहरी विमानांप्रमाणेच अशनी किंवा उल्कांमधूनही परावर्तित होतात. सामान्यतः अशनी रात्रीच्या वेळी वातावरणातून जाताना जेव्हा शुभ्र दिसण्याइतके गरम होतात, तेव्हाच आपल्याला दिसतात. आपण त्यांना उल्का म्हणतो. दिवसा जसे इतर तारे दिसत नाहीत, तशाच उल्कादेखील दिसत नाहीत. रडारच्या साहाय्याने रात्रीप्रमाणेच दिवसाही उल्का असल्याचे समजू शकले.

याहून अधिक अंतरावर असणाऱ्या वस्तूंपर्यंतही अशाच तऱ्हेने पोचता येते. उदाहरणार्थ, १९४६ साली रडारचा एक झोट चंद्रावरून परावर्तित होऊन पृथ्वीवर परत आलेलादेखील समजू शकला. त्यानंतरच्या काही वर्षांत शुक्र, मंगळ व गुरुवरून परावर्तित झालेले रडारचे झोटही पकडता आले. सूर्यावरून परावर्तित होऊन आलेले रडारचे झोटही पकडण्यात आले.

हे प्रयोग अतिशय महत्वाचे होते. मायक्रोलहरी पाठवल्यापासून त्या परावर्तित होऊन परत येण्यास किती वेळ लागला, यावरून शास्त्रज्ञ आकाशातील वस्तूंचे अंतर गणिताने शोधून काढू शकत. या वेळपर्यंत माहीत असलेल्या इतर कोणत्याही पद्धतीपेक्षा ही पद्धत अधिक अचूक होती.

विशेष म्हणजे, रडार आपल्याला ग्रहांसंबंधी माहीत नसलेली बरीच इतर माहितीही देऊ शकत होते.

अशी कल्पना करा, की जेव्हा एखादी लहान वस्तू मोठ्या वस्तूभोवती फिरते तेव्हा मोठ्या वस्तूमुळे लहान वस्तूवर भरती व

ओहोटी उत्पन्न होतात, या दृष्टीने आपण विचार करत आहोत. भरती-ओहोटीमुळे घर्षण होते व त्यामुळे लहान वस्तूंचा आपल्या आसाभोवती फिरण्याचा वेग कमी होतो. अखेर मोठ्या वस्तूभोवती फिरता फिरता लहान वस्तूची केवळ एकच बाजू मोठ्या वस्तूच्या समोर राहते. म्हणून चंद्राची एकच बाजू पृथ्वीच्या समोर असते.

अनेक वर्षांपासून शास्त्रज्ञांना अशी शंका होती, की सूर्याभोवती फिरताना बुध या ग्रहाची एकच बाजू सूर्यासमोर असते. ती बाजू कायम अतिशय उष्ण असणार व दुसरी बाजू कायमच अंधारात असल्याने अतिशय थंड असणार. अशी शास्त्रज्ञांची कल्पना होती.

आता आपण हे खात्रीशीररीत्या सांगू शकतो का? हो. कारण प्रत्येक वस्तूतून विद्युत्चुंबकीय किरणोत्सर्ग बाहेर पडतो. वस्तू जितकी अधिक उष्ण असेल, तितकी त्यातून येणाऱ्या लहरींची लांबी कमी असते. आपल्याला दिसत अशा प्रकारचा प्रकाश मिळण्यासाठी ती वस्तू अतिशय उष्ण असावी लागते. थंड वस्तूतून मायक्रोलेहरीसारख्या ज्या अधिक लांबीच्या लहरी येतात, त्या आपल्याला दिसत नाहीत.

१९६२ साली बुधाच्या थंड बाजूकडून येणाऱ्या मायक्रोलेहरी शास्त्रज्ञांना पकडता आल्या. या मायक्रोलेहरींची लांबी बरीच कमी होती व त्या ज्या प्रमाणात उपलब्ध होत्या, त्यावरून बुधाची अंधारी बाजू अगोदर कल्पना केलेली होती त्यापेक्षा बरीच उष्ण होती असे शास्त्रज्ञांना समजून चुकले. म्हणजेच त्या बाजूलाही सूर्याची उष्णता अधूनमधून मिळत असणार.

खगोलशास्त्रज्ञांनी मग बुधाकडे मायक्रोलेहरी पाठवल्या व त्या परावर्तित झाल्यावर त्यांचा अभ्यास केला. बुध जर आपल्या आसाभोवती फिरत असेल, तर मायक्रोलेहरी किंचितशा निराळ्या स्वरूपात दिसतील व ते स्वरूप परावर्तित लहरींमध्येही दिसून येईल. या फरकाच्या आकारावरून बुधाच्या भ्रमणाचा वेगही

गणिताने काढता येतो.

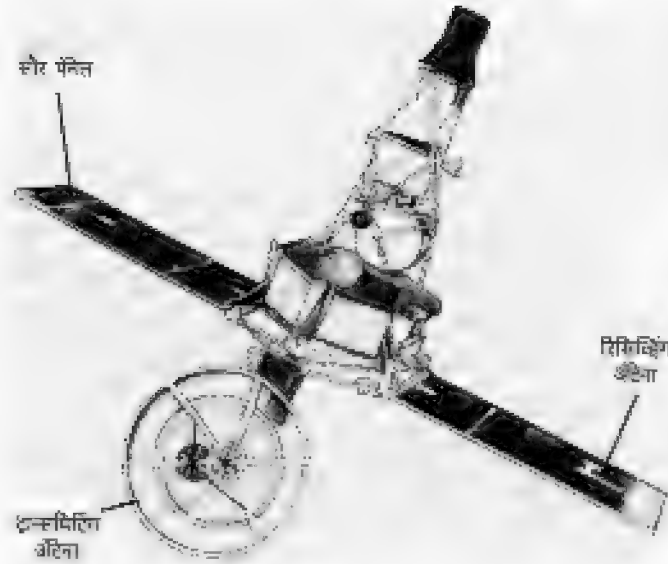
बुध जर आपल्या आसाभोवती ८८ दिवसांत फिरत असेल, म्हणजेच त्याला सूर्याभोवती एक प्रदक्षिणा करण्यास जेवढा वेळ लागतो तेवढ्याच हा कालावधी असेल, तर बुधाची एकच बाजू कायम सूर्यासमोर राहात असेल.

१९६५ साली मायक्रोलेहरींच्या परावर्तनावरून शास्त्रज्ञांना समजले की बुधाला एक फेरी करण्यास सुमारे ५८.५ दिवस लागतात. याचा अर्थ, सूर्याच्या संदर्भात त्याची फिरण्याची गती कमी आहे म्हणून त्याच्या संपूर्ण पृष्ठभागाला केव्हा ना केव्हा सूर्यप्रकाश मिळतो.

शुक्र या ग्रहासंबंधी आणखीच आश्चर्यकारक गोष्टी समजून आल्या. बुधापेक्षा शुक्र आपल्या जवळ आहे व तो बुधापेक्षा मोठाही आहे, म्हणून बुधापेक्षा शुक्राच्या अंधार्या बाजूचा शास्त्रज्ञांना सहजपणे अभ्यास करता आला. १९५६ साली असा शोध लागला, की शुक्राकडून ज्या प्रमाणात मायक्रोलेहरी येत होत्या त्यावरून तो बराच उष्ण असणार.

अर्थात, शुक्रावर दाट वातावरण आहे; पण बुधावर मात्र वातावरण नाही. कदाचित शुक्रावरील उंचावरील ढगांचे तापमान अधिक असेल, पण त्याखालील घन पृष्ठभाग थंड असू शकेल. तथापि, १९६२ साली 'मरिनर-२' हे अमेरिकेचे शोधयान शुक्राजवळून गेले व त्याने शुक्रावरील मायक्रोलेहरींचे मोजमाप घेतले. त्यानंतर मात्र याबाबत काहीच शंका राहिली नाही. शुक्राचा पृष्ठभाग सर्वत्र, जस्त व पत्रा वितळवू शकेल इतका, उष्ण होता.

शुक्रावरील दाट ढगांमुळे हा ग्रह बऱ्याच अंशी इव पदार्थाचा बनला असेल व आफ्रिकेप्रमाणे काहीसाच गरम असेल, अशी शास्त्रज्ञांना शंका वाटत होती; परंतु शुक्र मनुष्यवस्तीसाठी अतिशय



परीनर - १

उष्ण असून त्याचा पृष्ठभाग पूर्णपणे कोरडा आहे, असाही शोध मायक्रोलहरींमुळे लागला.

शुक्राभोवती अतिशय दाट ढगांचे कवच असल्याने खगोलशास्त्रज्ञांना शुक्राचा पृष्ठभाग कधीच दिसला नव्हता; व पृष्ठभाग दिसत नसल्याने त्याच्यावरील कोणत्याच खुणा पाहून शुक्राच्या प्रदक्षिणेचा काळ मोजता आला नव्हता. पृथ्वी व बुधाप्रमाणेच शुक्रही २४ तासांत स्वतःभोवती एक प्रदक्षिणा करत असावा, असे काही शास्त्रज्ञांचे मत होते. काहींच्या मते हा काळ २२५ दिवस म्हणजे सूर्याभोवतीच्या एका प्रदक्षिणेइतकाच असावा, म्हणजे त्याची एकच बाजू कायम सूर्याकडे राहात असेल.

यापैकी दोन्ही मते चुकीचीच ठरली. १९६२ साली परावर्तित झालेल्या मायक्रोलहरींवरून शुक्र २४३ दिवसांत एक प्रदक्षिणा पूर्ण करतो असे दिसून आले, म्हणजे त्याच्या प्रत्येक भागावर, बुधाप्रमाणेच, केव्हा ना केव्हा सूर्यप्रकाश येतो. विशेष म्हणजे, इतर ग्रह पश्चिमेकडून पूर्वेकडे अशा तऱ्हेने फिरतात, पण शुक्र मात्र पूर्वेकडून पश्चिमेकडे अशा प्रकारे फिरतो.

शुक्रासंबंधी मायक्रोलहरींद्वारे आणखीही बऱ्याच प्रकारची माहिती मिळाली. १९७८ साली 'पायोनियर-व्हीनस' नावाचे एक शोधयान शुक्राच्या जवळून गेले व त्याच्याभोवतीच्या कक्षेत फिरू लागले.

या शोधयानाने पाठवलेल्या मायक्रोलहरी सहजपणे ढगांच्या आरपार गेल्या व शुक्राच्या घन पृष्ठभागावरून परावर्तित झाल्या. या परावर्तित मायक्रोलहरींचा अभ्यास करून शास्त्रज्ञांना, परावर्तित प्रकाशाचा अभ्यास करून समजेल अशाच पद्धतीने, शुक्राच्या पृष्ठभागाचे स्वरूप समजून घेता आले. अर्थात, प्रकाशतहरींपेक्षा मायक्रोलहरी बऱ्याच लांब असल्याने शुक्र काहीसा अस्पष्ट स्वरूपातच 'पाहता' आला.



मोबाईल टेलिव्हिजन युनिट व मायक्रोलेहरीचा अंतिम

परावर्तित मायक्रोलेहरीवरून असे दिसून आले, की शुक्राचा सुमारे ५/६ पृष्ठभाग हा पृष्ठभागाच्या सरासरी उंचीहून अधिक उंच आहे. राहिलेला १/६ पृष्ठभाग मात्र बराच खोल असून शुक्राच्या सुरुवातीच्या काळात कदाचित त्यात पाणी भरलेले असावे.

यापैकी खंडांच्या प्रदेशात दोन मोठी पठारे असून त्यात पर्वत रांगाही आहेत. यापैकी काही पर्वतशिखरे पृथ्वीवरील कोणत्याही शिखरापेक्षा अधिक उंच आहेत. यापैकी काही शिखरे म्हणजे ज्वालामुखीची मुखे असू शकतील; पण आता तरी हे ज्वालामुखी मृतावस्थेत असावेत.

५ | विश्व व मायक्रोलहरी

आपल्या सूर्यमालेच्याही पलीकडून आयल्याकडे मायक्रोलहरी येत असतात; पण ही बाब केवळ योगायोगानेच आपल्याला समजली.

महासागरांच्या पलीकडून टेलिफोनने दळणवळण साधण्यासाठी रेडिओ लहरींचा वापर केला जातो. बऱ्याच वेळा अशा दळणवळणात बाहेरून येणाऱ्या रेडिओ लहरींमुळे व्यत्यय येत असे. या बाहेरून येणाऱ्या लहरींमुळे जो आवाज व खरखर येते त्याला 'स्टॅटिक' असे नाव आहे. त्यामुळे टेलिफोनवरील बोलणे नीट ऐकू येत नसे.

हा व्यत्यय नेमका कोठून येतो हे अमेरिकेतील बेल टेलिफोन कंपनीला शोधून काढायचे होते. म्हणजे मग तो नाहीसा होण्यासाठी ते काही उपाय शोधू शकतील. १९३१ साली कार्ल गूथ जॅन्स्की (१९०५-१९५०) या अमेरिकन अभियंत्याकडे त्यांनी ही जबाबदारी सोपवली.

जॅन्स्कीने रेडिओ लहरी एकत्रित करण्याची एक यंत्रणा तयार केली. काही लहरी वादळांमुळे येत असतील, काही आकाशात उडत असणाऱ्या विमानांमधून येत असतील, काही आजूबाजूच्या भूभागातील विद्युत उपकरणांमधून येत असतील वगैरे वगैरे. या सर्व समस्यांचा तो अभ्यास करत होता. त्याचप्रमाणे विचारात न घेतलेले इतरही काही स्रोत असतील का, याचाही तो विचार करत होता.

जॅन्स्कीला नेहमीच्या शोतापेक्षा निराळा परंतु अव्याहतपणे येणारा एक प्रकारचा स्टॅटिकचा कमकुवत स्रोत मिळाला. हा स्रोत आकाशातून येत होता हे पाहून त्याला फारच आश्चर्य वाटले. खरे तर तो सूर्यातून येत असावा असे दिसत होते.

ते सहज शक्य होते. सूर्यातून सर्व तांबीचा विद्युत्चुंबकीय

किरणोत्सर्ग बाहेर पडतो, तेव्हा त्यात रेडिओ लहरीही असाव्यात हे साहजिकच होते.

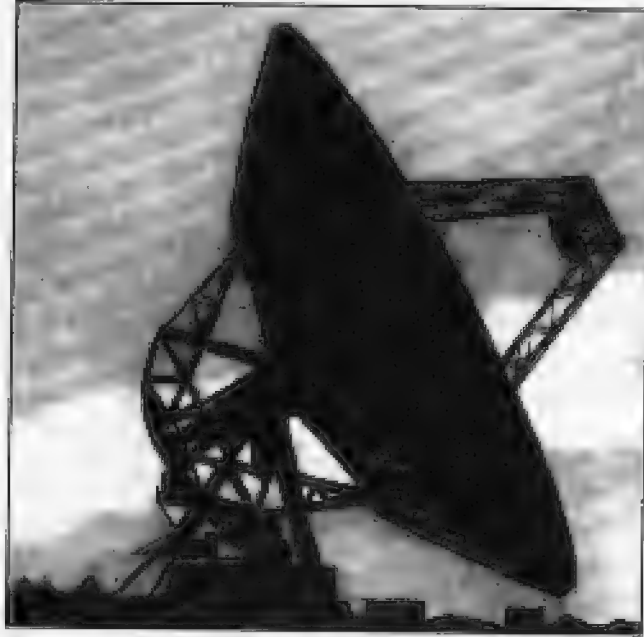
जॅन्स्कीने या स्टॅटिकचा दररोज मागोवा घेणे चालू ठेवले व त्यावरून तो सूर्यातून येत नसावा असे दिसू लागले. हा स्रोत दररोज सूर्याच्याही आधीच येताना दिसत होता. दररोज तो सुमारे ४ मिनिटे सूर्याच्या आधी येत होता.

तारेही दररोज सूर्याच्या नेमके आधी चार मिनिटे येतात. याचा अर्थ, हा स्टॅटिकचा स्रोत सूर्यमालेतून न येता त्याच्याही बाहेरून म्हणजे तान्यांतून कोठून तरी येत असावा.

जॅन्स्कीने आपले निरीक्षण घालूच ठेवले व स्टॅटिकच्या या लहरी, अमेरिकन खगोलशास्त्रज्ञ हर्बो रोपली (१८८५-१९७२) याने २० वर्षांपूर्वी जी जागा आपल्या दीर्घिकेचे केंद्र म्हणून दर्शवली होती, त्याच दिशेकडून कोठून तरी येत असाव्यात, असे त्याचे मत झाले. दुसऱ्या शब्दांत सांगायचे तर, या रेडिओलहरी शेकडो अब्ज तान्यांच्या समूहाकडून - यात आपल्या सूर्याचाही समावेश होतो - येत असाव्यात.

डिसेंबर १९३२ मध्ये जॅन्स्कीने आपले निष्कर्ष जाहीर केले. रेडिओ लहरी दीर्घिकेच्या केंद्रातून म्हणजे तीस हजार प्रकाशवर्षे इतक्या अंतरावरून येत होत्या.

या शोधामुळे बरीच खळबळ माजली. न्यूयॉर्क टाइम्सने ही बातमी पहिल्या पानावर छापली. तरीही शास्त्रज्ञांनी याबाबत काहीच केले नाही. फक्त ग्रेट रेबर (जन्म १९११) या हौशी रेडिओ शास्त्रज्ञाने याची दखल घेतली. १९३७ साली त्याने इतिनॉय प्रांतातील व्हीटनमधील त्याच्या घराच्या परसात एक बशीच्या आकाराचा परावर्तक तयार करून बसवला. यात आकाशातून येणाऱ्या रेडिओलहरी पकडून त्या परावर्तकाच्या मध्यभागी पाठवल्या जात. हा पहिलाच 'रेडिओ टेलिस्कोप' किंवा 'रेडिओ दुर्बीण' होती.



रेडियो टेलिस्कोप



ग्रोट रेबर व त्याचा व्हिटन इतिनाय
देखील रेडियो टेलिस्कोप

१९३८ साली रेबरने रेडिओलहरी आकाशातून कोठून येत असाव्यात याचा अभ्यास सुरू केला. त्याने आकाशाचा एक 'रेडिओ नकाशा'ही तयार केला व तो १९४२ साली प्रसिद्धही केला. त्याला मिळालेली निरीक्षणे काहीशी अस्पष्ट होती; परंतु त्या काळात त्याने इतर कोणापेक्षाही या क्षेत्रात अधिक कार्य केले.

पृथ्वीच्या वातावरणातून काही थोड्या प्रकारचाच विद्युत्चुंबकीय किरणोत्सर्ग आपल्यापर्यंत पोचू शकतो, अर्थात, नेहमीचा प्रकाशही येऊ शकतोच. बहुतेक अतिनील प्रकाश व त्याहूनही कमी लांबीच्या लहरी पृथ्वीचे वातावरण पार करू शकत नाहीत. अर्थात, बहुतेक अवरक्त लहरी व लांब रेडिओलहरीदेखील येऊ शकत नाहीत. जणू काही नेहमीच्या प्रकाशाचा पडा ही एकच अशी खोटीचणी उघडी खिडकी आहे, की त्यातूनच आपल्याला विश्वाची माहिती होऊ शकते.

आणि मायक्रोलहरी ही आहे आपली दुसरी खिडकी. वातावरणातून या लहरी सहज येऊ शकतात. लांब रेडिओलहरी जर पृथ्वीवरून निघाल्या, तर त्या आयनोस्फियरमधून उसळी घेऊन अवकाशात नाहीशा होतात. म्हणूनच रेडिओत मायक्रोलहरींचा वापर करण्यात आला नव्हता.

त्याचप्रमाणे, अवकाशातून येणाऱ्या लांब रेडिओ लहरी आपल्याकडे येताना आयनोस्फियरमधून परावर्तित होतात आणि आपल्या उपकरणांपर्यंत पोचतच नाहीत. मायक्रोलहरी मात्र आयनोस्फियरमधून आपल्यापर्यंत सहज येतात. जॅन्स्की व रेबरला मिळालेल्या रेडिओलहरी या मायक्रोलहरी होत्या.

अवकाशातून येणाऱ्या मायक्रोलहरींमध्ये शास्त्रज्ञांना अधिक स्वारस्य का नव्हते? याचे उत्तर साधे आहे, रेडिओमध्ये मायक्रोलहरींचा वापर होत नसल्याने त्या पकडण्याची उपकरणे बनवण्यात आली नव्हती म्हणून त्यांचा अभ्यासही केला जात नव्हता.

१९३० च्या दशकात रडारचा विकास झाल्याने अशा उपकरणांविषयी संशोधन होऊन ती तयारही करण्यात आली. दुसऱ्या जगतिक युद्धानंतर जेव्हा रडारसंबंधीची गुप्तता संपुष्टात आली, तेव्हा ही उपकरणे शास्त्रज्ञही वापरू लागले. १९५० च्या दशकात रेडिओ दुर्बिणी बनवण्यात आल्या व रेडिओ खगोलशास्त्राला संशोधनात अतिशय महत्त्वाचे स्थान मिळाले.

रेडिओ दुर्बिणींचा संबंध असणाऱ्या लहरी नेहमीच्या प्रकाशलहरींच्या दशलक्षपट लांब असल्याने, रेडिओ दुर्बिणीतून स्पष्ट 'दिसण्यासाठी' त्यांची रुंदी साध्या दुर्बिणीपेक्षा दशलक्षपट अधिक असणे भाग होते.

अर्थात, यातून मार्ग काढण्याचाही एक उपाय आहे. दोन लहान रेडिओ दुर्बिणी जर अनेक मैलांच्या अंतरावर बसवल्या, तर ती जणू अनेक मैल रुंदीची एकच रेडिओ दुर्बिणी असल्याप्रमाणे त्यांचे कार्य नेमकेपणाने व एकत्रितरीत्या चालेल अशी योजना करता येते. अशा प्रकारे आता रेडिओ दुर्बिणींचे अनेक गट तयार करता येतात व त्याद्वारे साध्या दुर्बिणीपेक्षा अधिक स्पष्टपणे 'वाहता' येते.

साध्या दुर्बिणीतून कधीच मिळू शकणार नाही अशी माहिती शास्त्रज्ञांना रेडिओ दुर्बिणीद्वारे मिळू शकते. साध्या प्रकाशात दूरवरची एखादी दीर्घिका पूर्णपणे शांत व स्वस्थ दिसू शकते. तथापि, रेडिओ दुर्बिणीतून पाहिले असता, तिच्या केंद्रातून मोठ्या प्रमाणावर मायक्रोलहरी बाहेर पडत आहेत असे समजू शकते. किंवा कदाचित एखाद्या मोठ्या स्फोटानंतर त्या केंद्रातून मायक्रोलहरी बाहेर टाकणारे पदार्थद्रव्य केंद्राच्या दोन्ही बाजूंकडे फेकले जात असते.

अशा दीर्घिकांना आता 'क्रियाशील दीर्घिका' किंवा 'ॲक्टिव्ह गॅलेक्सीज' असे म्हणतात. रेडिओ खगोलशास्त्राचा शोध लागण्यापूर्वी वाटत असे त्यापेक्षा साध्या दीर्घिकादेखील अधिक क्रियाशील

असल्याचे आता लक्षात येते.

जॅन्स्कीने आपल्या दीर्घिकेच्या केंद्रस्थानीदेखील रेडिओलहरी असल्याचा शोध लावला होता. आपल्या दीर्घिकेच्या मध्यभागी असलेल्या एका ठिकाणामधून खूप मोठ्या प्रमाणावर मायक्रोलहरी बाहेर पडत असतात, हे आता आपल्याला माहीत झाले आहे.

आपल्या दीर्घिकेच्या केंद्रस्थानी एक कृष्ण विवर असावे, असा शास्त्रज्ञांचा अंदाज आहे. (अधिक माहितीसाठी पहा : आसिमॉव्ह यांच्या 'शोधांच्या कथा' या मालिकेतील 'कृष्णविवरे'). कदाचित प्रत्येक दीर्घिकेच्या केंद्रभागी असे कृष्णविवर असेलही; पण मायक्रोलहरी नसल्या, तर आपल्याला अशी शंकादेखील आली नसती.

बहुतेक तारे इतके दूर आहेत, की तेवढ्या अंतरावरून येणाऱ्या मायक्रोलहरी पकडणे शक्य होत नाही. सूर्य आपल्यापासून बराच जवळ असल्याने त्याच्याकडून येणाऱ्या मायक्रोलहरीच आपण ओळखू शकतो.

तथापि, काही ताऱ्यांकडून मात्र पुरेशा प्रमाणात मायक्रोलहरी येतात म्हणून त्या ओळखता येतात. अशा ताऱ्यांना 'रेडिओ तारे' म्हणत असत. ते अतिशय वेगळ्या प्रकारचे होते म्हणून साध्या दुर्बिणीतून त्यांचा बारकाईने अभ्यास करण्यात आला व त्यापैकी काही तारे काहीसे धूसर दिसत होते. ते बहुधा सर्वसाधारण तारे नसावेत असे वाटत होते, म्हणून त्यांना 'क्वॉसी स्टेर' असे संबोधण्यात येऊ लागले (या लॅटिन शब्दाचा अर्थ आहे 'ताऱ्यासारखे'). लवकरच याचे लघुरूप होऊन त्यांना 'क्वासार' असे नाव मिळाले.

या क्वासारमधून येणाऱ्या प्रकाशाचे काळजीपूर्वक पृथक्करण करण्यात आले. त्यांच्या वर्णपटातील तपशील विचित्रच दिसत

होते. अखेर मार्टन श्मिट (जन्म १९२९) या डच-अमेरिकन शास्त्रज्ञाने १९६३ साली हे कोडे सोडवले. तो अभ्यास करत असलेल्या क्वासारचा वर्णपट विचित्र दिसत होता, कारण तो क्वासार प्रचंड गतीने आपल्यापासून दूर जात होता. सर्वच क्वासार पृथ्वीपासून प्रचंड गतीने दूर जात होते.

एखादी वस्तू आपल्यापासून जितकी अधिक गतीने दूर जात असेल, तितकी ती आपल्यापासून अधिक अंतरावर असते, असे शास्त्रज्ञांचे मत आहे. तसे असल्यास, सर्वच क्वासार अतिशय दूर आहेत. आपल्या सर्वात जवळचा क्वासारदेखील एक अब्ज प्रकाशवर्षे इतक्या अंतरावर आहे. शोध लागलेले काही क्वासार तर १७ अब्ज प्रकाशवर्षांच्या अंतरावर असल्याचा अंदाज आहे.

क्वासार या अतिशय क्रियाशील दीर्घिका असाव्यात. दुर्बिणीतूनदेखील त्यांच्या केंद्रस्थानी होणारी प्रचंड उलाढालच आपल्याला इतक्या अंतरावरून दिसू शकते. या दीर्घिकेचा बाहेरील भाग दिसतच नाही. म्हणूनच त्यांची केंद्रस्थाने तेवढी अस्पष्ट ताऱ्यासारखी दिसतात. त्यांच्याकडून जर मायक्रोलहरी आल्या नसल्या, तर त्यांच्याकडे विशेष लक्ष देण्याजोगे काही आहे असे शास्त्रज्ञांना वाटलेही नसते.

सर्वात दूर असणारे क्वासार सुमारे १७ अब्ज वर्षांपूर्वी कसे होते ते आपण आता पाहात आहोत, कारण त्यांचा प्रकाश आपल्यापर्यंत पोचायला तेवढा वेळ लागतो. आता आपल्याला ते जसे दिसतात तसे ते विश्वाच्या सुरुवातीच्या काळात होते. या दूरवरच्या क्वासारसंबंधी आपल्याला जर अधिक माहिती मिळाली, तर विश्वात पसरलेल्या अगणित तारे असणाऱ्या दीर्घिका कशा तयार झाल्या असतील याविषयी अधिक माहिती आपल्याला मिळवता येईल.

काही रेडिओ तारे चमकण्याच्या खुणा मिळतात, म्हणजे ते



आल्बर्ट आइन्स्टाईन

मायक्रोलहरींचे छोटे छोटे जलद गतीने येणारे फवारे दिसतात. अँटनी ह्युइश (जन्म १९२४) या ब्रिटिश खगोलशास्त्रज्ञाने तयार केलेल्या रेडिओ दुर्बिणीतून असे चमचमणारे मायक्रोलहरींचे फवारे पकडता येत असत. त्याने तयार केलेल्या अशा प्रकारच्या २,०४८ स्वतंत्र यंत्रणा तीन एकरांच्या प्रदेशात पसरलेल्या होत्या.

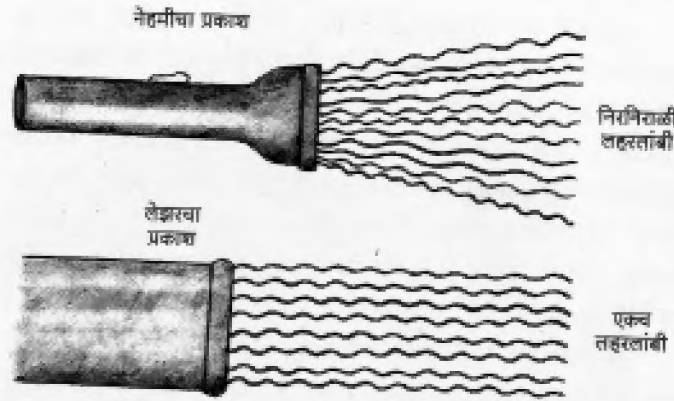
जुलै १९६७ मध्ये अतिशय जलद गतीने येणारे मायक्रोलहरींचे फवारे जोसलिन बेल या ह्युइशच्या एका विद्यार्थिनीच्या लक्षात आले. त्यांच्या कल्पनेपेक्षा हे फवारे बरेच अधिक जलद व नियमित रूपाने येत होते.

ह्युइशने या वस्तूला 'पल्सेटिंग स्टार' असे नाव दिले व कालांतराने त्याचे 'पल्सर' हे छोटेखानी नावच वापरले जाऊ लागले. १९६८ साली थॉमस गोल्ड (जन्म १९२०) या ऑस्ट्रियन-अमेरिकन शास्त्रज्ञाने असे निदर्शनास आणून दिले, की ही वस्तू म्हणजे अतिशय घन (डेन्स) असणारा, आकाराने लहान असा 'न्यूट्रॉन तारा' असू शकेल. अशा तान्यात सामान्य तान्याइतकेच पदार्थद्रव्य असेल, पण ते केवळ आठ मैल व्यासाच्या गोळ्यात ठासून भरलेले असेल. हे मत योग्यच असावे असे आता शास्त्रज्ञांना वाटते.

पल्सर स्वतःभोवती अत्यंत जलद गतीने फिरतात. स्वतःभोवतीची एक प्रदक्षिणा पूर्ण करण्यास त्यांना केवळ काही सेकंदच लागतात, काही वेळा तर सेकंदाचे काही दशांश भागही पुरेसे ठरतात. अलीकडे तर सेकंदाच्या एक सहस्रांश भागात प्रदक्षिणा करणारे पल्सरही सापडले आहेत.

पल्सरच्या प्रत्येक प्रदक्षिणेबरोबर मायक्रोलहरींचा फवारा आपल्यावरून गेला नसता, तर या विचित्र तान्यांचा कधीच शोध लागला नसता.

१९२० सालापासून शास्त्रज्ञांचे असे मत झाले आहे, की विश्वाची निर्मिती सुमारे १५ ते २० अब्ज वर्षांपूर्वी झाली असावी.



पदार्थाच्या एका लहानशा बिंदूतून याची सुरुवात होऊन ते द्रव्य 'महास्फोटाने' (बिग बॅंग) विखुरते गेले असावे.

विश्व अजूनही प्रसरण पावत आहे व याचा पुरावा म्हणजे, सर्व दीर्घिका एकमेकांपासून अद्यापही दूर जात आहेत.

हे सर्व खरोखरच घडले असेल का? १९४८ साली जॉर्ज गॅमॉव्ह (१९०४-१९६८) या रशियन-अमेरिकन शास्त्रज्ञाने म्हटले, की जर 'महास्फोट' खरोखरच झाला असेल, तर आकाशाच्या सर्वच भागातून मायक्रोलहरींचा एक अस्पष्ट असा आवाज यायला हवा.

१९६४ साली आर्नो अँलन पेन्झिया (जन्म १९३६) हा जर्मन-अमेरिकन शास्त्रज्ञ व रॉबर्ट वूड्रो विल्सन (जन्म १९३६) हा अमेरिकन शास्त्रज्ञ, या दोघांनीही पार्श्वभूमीवरील या मायक्रोलहरी प्रत्यक्षात ओळखल्या. महास्फोट खरोखरच झाला होता याचा हा सर्वोत्तम पुरावा आहे. या मायक्रोलहरी जर सापडल्या नसत्या, तर महास्फोटाचा चांगला पुरावा कधीच मिळाला नसता.

१९१७ साली आल्बर्ट आईनस्टाईन (१८७९-१९५५) या जर्मन-स्विस शास्त्रज्ञाने असे दाखवून दिले, की एखादा रेणू (मॉलिक्यूल) उच्च ऊर्जेच्या स्थितीत असताना त्याच्यावर किरणोत्सर्गाची लहर धडकली, तर अशा रेणूतून त्यातील काही ऊर्जा किरणोत्सर्गाच्या स्वरूपात बाहेर पडेल. त्यातून निघालेला किरणोत्सर्ग, त्याला धडक दिलेल्या लहरीच्याच आकाराचा असेल व त्याची दिशाही तीच असेल. यांची आणखी दोन रेणूंना धडक बसेल व त्यांचे चार रेणू होतील, त्या चार रेणूंची धडक बसून ते आठ रेणू होतील, मग ते सोळा होतील वगैरे वगैरे.

पहिल्या लाटेमुळे एकाच आकाराच्या व एकाच दिशेने जाणाऱ्या लहरींचा मग पूरच येईल. याला 'एकवटलेला किरणोत्सर्ग' किंवा

‘कोहिरंट रेडिएशन’ म्हणतात.

१९३३ साली चार्ल्स हार्ड टाउन्स (जन्म १९१५) या अमेरिकन शास्त्रज्ञाने असे एक उपकरण बनवले, की एका लहानशा मायक्रोलहरीमुळे त्याच प्रकारच्या मायक्रोलहरींच्या किरणोत्सर्गाचा पूरच आला. टाउन्सने त्याला नाव दिले ‘मायक्रोवेव्ह ऑम्प्लिफिकेशन बाय स्टिम्युलेटेड एमिशन ऑफ रेडिएशन’; आद्याक्षरे घेऊन त्याचेच लघुरूप बनले ‘मेझर’.

मायक्रोलहरींच्या वापराने जे करता येत होते, तेच साध्या प्रकाशासारख्या इतर किरणोत्सर्गाबाबतही करता येते. थिओडोर हॅरल्ड मैमन (जन्म १९२७) या अमेरिकन शास्त्रज्ञाने असे एक उपकरण बनवले, की थोड्याशा प्रकाशाने तशाच प्रकारच्या प्रकाशाचा पूरच आला. याला म्हणतात ‘लाइट ऑम्प्लिफिकेशन बाय स्टिम्युलेटेड एमिशन ऑफ रेडिएशन’ किंवा ‘लेझर’.

मेझर व लेझर ही दोन्ही तंत्रज्ञाने शास्त्रज्ञांसाठी फारच उपयोगी ठरली. उदाहरणार्थ, रोजच्या जीवनातदेखील लेझरच्या वापराने उच्च दर्जाच्या संगीताच्या रेकॉर्ड आणि घरगुती संगणकांसाठी उच्च दर्जाचे प्रिंटरही बनवता आले.

आणि या सर्वांची सुरुवात, न्यूटनने केवळ एका लोलकातून प्रकाशकिरण पाठवला त्यापासून झाली.